

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①1 DE 3446727 A1

⑤1 Int. Cl. 4:  
G02B 7/11  
G 02 B 21/24

②1 Aktenzeichen: P 34 46 727.0  
②2 Anmeldetag: 21. 12. 84  
④3 Offenlegungstag: 3. 7. 86

*Beinhold Engineering*

DE 3446727 A1

⑦1 Anmelder:  
Fa. Carl Zeiss, 7920 Heidenheim, DE

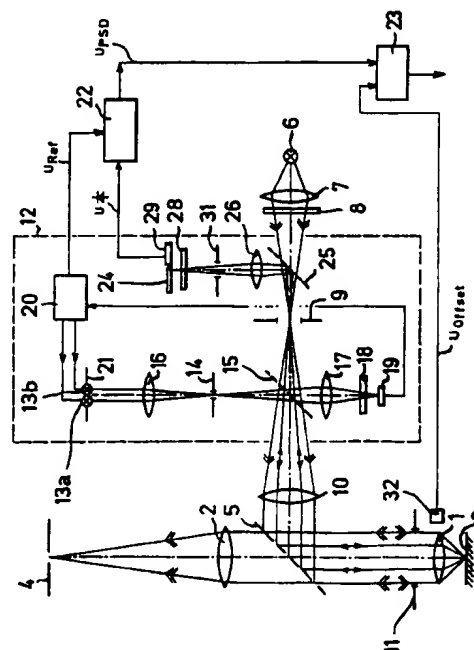
⑥1 Zusatz zu: P 33 28 821.8

⑦2 Erfinder:  
Faltermeier, Bernd, Dr.rer.nat., 7080 Aalen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Autofokuseinrichtung für Mikroskope

Die Autofokuseinrichtung besitzt einen Hilfsbeleuchtungsstrahlengang (12), der in den Strahlengang des Mikroskops ein- bzw. ausgespiegelt wird. Die Hilfsbeleuchtung wird von zwei nebeneinander in einer zur Pupille des Mikroskopobjektivs konjugierten Ebene angeordneten Lichtquellen (13a, 13b) erzeugt, die alternierend geschaltet sind. Zum Nachweis des Meßlichtbündels dient ein Detektor (29) in einer von einer Blende (24) einseitig begrenzten Luke des Hilfsbeleuchtungsstrahlenganges.



DE 3446727 A1

Patentansprüche:

1. Autofokuseinrichtung für Mikroskope, mit einer Hilfsbeleuchtung, die in den Strahlengang des Mikroskops eingespiegelt wird, und einem oder mehreren Detektoren zur Erzeugung eines dem Fokuszustand entsprechenden Signals, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfsbeleuchtung mindestens zwei alternierend geschaltete Lichtquellen (13a, 13b; 113a, 113b) enthält, die nebeneinander in oder in der Nähe einer Pupille angeordnet sind, und in der Objektebene von der Hilfsbeleuchtung ein Meßspot erzeugt wird, der auf eine in oder in der Nähe einer Luke im Strahlengang der Hilfsbeleuchtung angeordnete, das Sehfeld einseitig begrenzende Blende (24) abgebildet wird, hinter der sich mindestens ein Detektor (29) befindet.
152. Autofokuseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Strahlteiler (15) vorgesehen ist, der die Hilfsbeleuchtung in einen ersten, in den Strahlengang des Mikroskops eingekoppelten, und einen zweiten, auf einen die Intensität der Hilfsbeleuchtung messenden, weiteren Detektor (19) gerichteten Teil zerlegt.
3. Autofokuseinrichtung nach Anspruch 1-2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfsbeleuchtung (12) in den Beleuchtungsstrahlengang eines Auflichtmikroskops eingekoppelt ist.
254. Autofokuseinrichtung nach Anspruch 1-2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfsbeleuchtung (112) in den Beobachtungsstrahlengang eines Auflichtmikroskops eingekoppelt ist.
5. Autofokuseinrichtung nach Anspruch 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß eine elektronische Anordnung (22) vorgesehen ist, in der die Signale des bzw. der Detektoren (29) im Takte der Umschaltung der Lichtquellen (13a,b; 113a,b) verarbeitet werden.
6. Autofokuseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine elektronische Anordnung (23) vorgesehen ist, in der dem im Takte der Umschaltung verarbeiteten Signal ( $U_{psd}$ ) Offsetspannungen einstellbarer Größe überlagert werden.

7. Autofokuseinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der Offsetspannungen ( $U_{\text{offset}}$ ) mit der Umschaltung des Objektivrevolvers gekoppelt ist.

5

10

15

20

25

30

35

# Autofokuseinrichtung für Mikroskope

Die Erfindung betrifft eine Autofokuseinrichtung für Mikroskope, mit einer Hilfsbeleuchtung, die in den Strahlengang des Mikroskops einge-  
5 spiegelt wird, und einem oder mehreren Detektoren zur Erzeugung eines dem Fokuszustand entsprechenden Signals.

In der älteren Anmeldung P 33 28 821.6-51 ist eine derartige Autofokus-  
einrichtung beschrieben. Infolge der dort offenbarten Anordnung zweier  
10 alternierend geschalteter Lichtquellen in einer Pupille des Mikroskops bleiben Gleichlichtanteile, die aus Dejustierungen optischer Bauteile oder Reflexlicht aus dem eigentlichen Beleuchtungsstrahlengang des Mi-  
kroskops resultieren, ohne Einfluß auf das Regelsignal. Die vorliegende  
Erfindung betrifft eine weitere Verbesserung der in der älteren Anmel-  
15 dung beschriebenen Autofokuseinrichtung.

In dem in der älteren Anmeldung offenbarten Ausführungsbeispiel für eine  
Auflichtautofokuseinrichtung nach Figur 1 wird eine von der Hilfsbe-  
leuchtung durchstrahlte, relativ großflächige Marke in Form eines Spie-  
20 gelgitters in Autokollimation auf sich selbst abgebildet. Mit einer derartigen Marke ist es schwierig, bei Objekten, die eine ausgeprägte Höhenstruktur aufweisen, auf bestimmte Objektdetails scharf einzustel-  
len, da die Autofokuseinrichtung über einen relativ großen Objektbereich integriert und ein der mittleren Objektentfernung entsprechendes Regel-  
25 signal liefert.

Aus der DE-OS 32 19 503 ist zwischenzeitlich eine Autofokuseinrichtung  
für Mikroskope bekannt geworden, die im wesentlichen dem Stand der Tech-  
nik nach der DE-PS 21 02 922 entspricht. Wegen des nur einseitig durch  
30 die Pupille des Mikroskops geführten Meßstrahlenbündels und der Abbil-  
dung des Meßspots auf eine Differenzdiode besitzt auch diese bekannte  
Autofokuseinrichtung die in der Hauptanmeldung P 33 28 821.6 zum Stand  
der Technik genannten Nachteile.

35 Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine zuverlässig und mit  
hoher Genauigkeit arbeitende, einfach aufgebaute Autofokuseinrichtung  
für Mikroskope zu schaffen, die außerdem auf begrenzte Objektbereiche im

Sehfeld des Mikroskops einstellbar ist.

Diese Aufgabe wird gemäß den im Kennzeichen des Hauptanspruches angegebenen Merkmalen gelöst.

5

Demnach werden die Signale zweier Meßlichtbündel, die unterschiedliche Bereiche der Pupille alternierend durchsetzen, mit dem gleichen Detektor erfaßt und miteinander verglichen. In dieser Anordnung ist die Autofokuseinrichtung sehr viel unempfindlicher gegen Störsignale als die mit  
10 einem einzigen, die Pupille einseitig durchsetzenden Meßstrahlenbündel in Verbindung mit einer Differenzdiode arbeitenden Autofokuseinrichtungen nach dem Stand der Technik.

Zur Erzeugung des Meßspots kann eine Blende beliebiger Form in einer  
15 Luke des Hilfsbeleuchtungsstrahlenganges angeordnet werden, die von beiden Lichtquellen ausgeleuchtet wird. Die Blende kann jedoch entfallen, wenn z.B. Laserdioden als Lichtquellen verwendet werden. Es ist dann lediglich dafür zu sorgen, daß die Strahlungen beider Laserdioden auf den gleichen Punkt in einer Luke des Hilfsbeleuchtungsstrahlenganges  
20 fokussiert werden.

Es ist zweckmäßig einen Strahlteiler vorzusehen, der die Hilfsbeleuchtung in einen ersten, in den Strahlengang des Mikroskops eingekoppelten und einen zweiten, auf einen die Intensität der Hilfsbeleuchtung messen-  
25 den, weiteren Detektor gerichteten Teil zerlegt. Über den weiteren Detektor können dann Alterungserscheinungen der Lichtquellen der Hilfsbeleuchtung erkannt und beide Lichtquellen auf gleiche Intensität eingeregelt werden.

30 Die Hilfsbeleuchtung wird vorteilhaft in den Beleuchtungsstrahlengang eines Auflichtmikroskops eingekoppelt. Der Beleuchtungsstrahlengang ist nämlich in der Regel für das Ansetzen derartiger Zusatzgeräte leichter zugänglich. Diese Lösung hat auch den Vorteil, daß z.B. keine Bildausgänge im Beobachtungstubus durch die Autofokuseinheit belegt werden.

35

Es ist jedoch schwierig eine derartige Autofokuseinrichtung in den Strahlengang einer Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung einzuspiegeln. Um

die Autofokuseinrichtung auch in dieser Betriebsart einsetzen zu können, kann es vorteilhaft sein, die Einspiegelung des Hilfsstrahlenganges in den Beobachtungstubus vorzunehmen.

5 In der Autofokuseinrichtung gemäß der Erfindung ist eine elektronische Anordnung vorgesehen, in der die Signale des bzw. der Empfänger im Takte der alternierend geschalteten Lichtquellen verarbeitet werden. Dabei ist es zweckmäßig eine weitere elektronische Schaltung vorzusehen, in der dem verarbeiteten Signal Offsetspannungen einstellbarer Größe überlagert  
10 werden. Damit kann erreicht werden, daß die Autofokuseinrichtung entweder um einen vorbestimmten Betrag über oder unter der Schärfenebene einstellt, ohne daß optische Elemente verschoben werden müssen, was beispielsweise bei Objekten von Vorteil ist, die größere Höhendifferenzen aufweisen.

15

Außerdem können auf diese Weise Unterschiede in der Fokusdifferenz zwischen dem Licht der Hilfsbeleuchtung und der normalen mikroskopischen Beleuchtung korrigiert werden, die auf Unterschiede in der chromatischen Korrektur der verwendeten Objektive verschiedener Maßstabszahl zurück-  
20 zuführen sind. In diesem Fall ist es besonders zweckmäßig, daß die Einstellung der Offsetspannungen mit der Umschaltung des Objektivrevolvers gekoppelt ist, da dies den Benutzer der Mühe enthebt bei jedem Objektiv visuell erst einmal die Ebene zu bestimmen, auf die die Autofokuseinrichtung einstellen soll.

25

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung anhand der Zeichnungen.

30 Fig. 1a ist eine Prinzipskizze eines ersten Ausführungsbeispiel, das die wesentlichen optischen Komponenten der Autofokuseinrichtung zeigt;

Fig. 1b-1e sind detailliertere Skizzen, die die optischen Verhältnisse  
35 in der Nähe des Detektors der Autofokuseinrichtung und die von ihm und der nachgeschalteten Elektronik abgegebenen Signale für verschiedene Fokuszustände darstellt;

- Fig. 2a ist die Prinzipskizze eines gegenüber den in Fig. 1a dargestellten Ausführungsbeispiel leicht geänderten zweiten Ausführungsbeispiels;
- 5 Fig. 2b ist eine vergrößerte Darstellung des Sehfelds in der Ebene, in der der Detektor der Autofokuseinrichtung nach Fig. 1a oder Fig. 2a angeordnet ist;
- Fig. 2c ist eine vergrößerte Ansicht der Sekundärlichtquelle 112 aus  
10 Fig. 2a.

In Fig. 1a sind die für das Verständnis der Erfindung nötigen Teile eines Auflichtsmikroskops dargestellt. Vom Beobachtungsstrahlengang sind lediglich das Objektiv 1 und die Tubuslinse 2 zu sehen, die das Objekt 3 in die Zwischenbildebene 4 abbilden. Der oberhalb der Zwischenbildebene befindliche Teil des Mikroskops, also z.B. Okulare etc. sind hier nicht dargestellt.

Zwischen Objektiv 1 und Tubuslinse 2 befindet sich ein halbdurchlässiger 20 Teilerspiegel 5, über den der von einer Mikroskop-Lichtquelle 6 ausgehende Beleuchtungsstrahlengang in den Beobachtungsstrahlengang eingespiegelt wird. Dieser Teilerspiegel 5 kann so beschaffen sein, daß sein Reflektionsvermögen für die Wellenlänge des Lichts der noch zu beschreibenden Hilfsbeleuchtung für die Autofokuseinrichtung größer ist als für 25 das Licht der "normalen" Mikroskopbeleuchtung, das von der Glühlampe 6 ausgeht.

Der Beleuchtungsstrahlengang des Mikroskops ist hier vereinfacht dargestellt. Er umfaßt einen Kollektor 7, ein IR-Sperrfilter 8, eine Leuchtfeldblende 9 sowie eine Hilfslinse 10. 30

Zwischen der Leuchtfeldblende 9 und der Hilfslinse 10 ist ein halbdurchlässiger Strahlteiler 16 angeordnet, über den der Hilfsbeleuchtungsstrahlengang der zu einer Baueinheit 12 zusammengefaßten Autofokuseinrichtung in den Beleuchtungsstrahlengang des Mikroskops eingespiegelt wird. 35

Der Hilfsbeleuchtungsstrahlengang geht aus von zwei in einer zur Pupille 11 des Objektivs 1 konjugierten Ebene nebeneinander angeordneten Lichtquellen 13a und 13b, bei denen es sich z.B. um Leucht- oder Laserdioden handelt.

5

Über eine Kollektorlinse 16 beleuchten die Lichtquellen 13 eine rechteckige Blende 14 in einer zur Objektebene konjugierten Ebene (Luke). Die Blende 14 ist jedoch kein unverzichtbares Bauteil, sie kann entfallen, wenn z.B. als Lichtquellen Laserdioden eingesetzt werden. Es ist dann 10 lediglich dafür zu sorgen, daß die Strahlung beider Laserdioden an dieser Stelle auf den gleichen Punkt fokussiert wird.

Ein hinter der Blende 14 angeordneter Strahlteiler 15 läßt etwa 50% der Strahlung der Lichtquellen 13 passieren. Dieser hindurchtretende Teil 15 wird von der Linse 17 auf einen Detektor 19 fokussiert. Vor diesem Detektor 19 ist ein Filter 18 vorgeschaltet, das auf die Wellenlänge der Hilfsbeleuchtung abgestimmt ist und das von der Lichtquelle 6 der Mikroskopbeleuchtung ausgehende und durch das IR-Sperrfilter 8 hindurchtretende Licht vom Detektor 19 fernhält.

20

Der Detektor 19 ist mit einer elektronischen Schaltung 20 verbunden. Diese Schaltung 20 enthält einen Oszillator und einen Treiberschaltung, durch die die beiden Lichtquellen 13a und 13b alternierend eingeschaltet und ihre Intensität geregelt werden. Die Intensität beider Lichtquellen 25 13a und 13b wird mit Hilfe des vom Detektor 19 gewonnenen Signals, unabhängig von Alterungserscheinungen der Lichtquellen jeweils auf den gleichen Wert eingeregelt.

Der vom Strahlteiler 16 reflektierte Teil des Hilflichts gelangt über 30 die Hilfslinse 10, den Auflichtreflektor 5 und das Objektiv 1 auf das Objekt 3 und wird dort, abhängig von den Oberflächeneigenschaften des Objekts 3, zum Teil in Autokollimation reflektiert. Der reflektierte Teil des Hilfslichtbündels, d.h. also das Meßlichtbündel trifft dann wieder auf den Strahlteiler 16 auf, geht zum Teil durch ihn hindurch und 35 wird über einen dichromatischen Teilerspiegel 25 aus dem Beleuchtungsstrahlengang des Mikroskops ausgespiegelt.



Das Meßlichtbündel wird von einer Linse 26 nach Durchtritt durch eine Falschlichtblende 31, die sich in einer zur Objektpupille konjugierten Ebene befindet, und ein weiteres Filter 28, das die gleiche Transmissionscharakteristik wie das Filter 18 besitzt, in der Ebene einer das 5 Sehfeld an dieser Stelle einseitig begrenzenden Blende 24 fokussiert (siehe Fig. 2b). Direkt hinter der Blende 24 befindet sich ein Detektor 29 zur Erzeugung des eigentlichen Autofokussignals, das zur Höhenverstellung des Objekts 3 oder des Objektivs 1 weiterverarbeitet wird. Dazu ist der Detektor 29 mit dem Eingang eines phasenempfindlichen Gleich- 10 richters 22 verbunden, dem außerdem ein Referenzsignal auf der Frequenz des die Lichtquellen 13a und 13b schaltenden Oszillators in der elektronischen Schaltung 20 zugeführt wird.

Die Signalverläufe auf den drei mit dem Gleichrichter 22 verbundenen 15 Leitungen  $U_{diode}$ ,  $U_{ref}$  und  $U_{psd}$  sind in den Figuren 1b - 1e für vier verschiedene Fälle dargestellt:

Fig. 1b zeigt die Signalverläufe für den Fall, daß sich das Objekt 3 außer Fokus unterhalb der Schärfenebene des Objektivs 1 befindet. In 20 diesem Falle gelangt, abhängig vom Maß der Defokussierung, nur Licht aus dem von der Lichtquelle 13a ausgehenden Meßlichtbündel a auf den Detektoren 29 und der Gleichrichter 22 gibt eine positive Regelspannung  $U_{psd}$  ab.

25 Fig. 1c zeigt die Signalverläufe für den Fall, daß sich das Objekt 3 im Fokus des Objektivs 1 befindet. In diesem Falle liegen die von den Meßlichtbündeln a und b erzeugten Bilder der Blende 14 aufeinander und werden beide durch die Blende 24 vom Detektor 29 ferngehalten. Die Ausgangsspannung des Gleichrichters 22 ist deshalb 0 bzw. sehr klein. Ge- 30 ringe Offsetspannungen können dann auftreten, wenn z.B. die von beiden Lichtquellen 13a und 13b erzeugten Meßspots nicht völlig identisch sind.

Fig. 1d zeigt die Signalverläufe für den Fall, daß sich das Objekt 3 außer Fokus oberhalb der Schärfenebene des Objektivs 1 befindet. Es ge- 35 langt dann nur das vom Meßlichtbündel b erzeugte Bild der Blende 14 auf den Detektor 29 und der Gleichrichter 22 gibt eine negative Regelspannung  $U_{psd}$  mit negativen Vorzeichen ab.

Fig. 1e zeigt die Signalverläufe für den Fall, daß sich zwar das Objekt in Fokus des Objektivs 3 befindet, daß aber Dejustierungen z.B. der Teilerspiegel oder anderer optischer Komponenten im Meßlichtstrahlengang das von beiden Bündeln a und b erzeugte, gemeinsame Bild der Blende 14 5 in Richtung auf den Detektor 29 verschieben. Infolge der phasenempfindlichen Gleichrichtung ergibt sich, wie im Fall nach Fig. 1c, ein Regelsignal  $U_{psd}$  vom Betrage 0, d.h. die Autofokuseinrichtung reagiert relativ unempfindlich auf Dejustierungen oder Verkippungen der optischen Komponenten. Durch die Differenzbildung bei der phasenempfindlichen 10 Gleichrichtung wird auch unmoduliertes Streulicht unterdrückt, das auf irgendeine Weise von der Lichtquelle 6 auf den Detektor 29 gelangt.

Das Regelsignal  $U_{psd}$ , das der Gleichrichter 22 abgibt, wird zusätzlich einer weiteren Schaltung 23 zugeführt, in der dem Signal  $U_{psd}$  eine ein- 15 stellbare Offsetspannung aufgesetzt wird. Je nach Höhe dieses Offsets bewegt die von der Autofokuseinrichtung angesteuerte Mechanik das Objekt auf Ebenen, die etwas vor oder hinter der Schärfenebene des Objektivs 1 liegen. Die Einstellung dieser Offsetspannungen wird von einer Einrichtung 32 gesteuert, die einen Code-Leser für die Maßstabszahl des gerade 20 in Arbeitsstellung befindlichen Objektivs umfaßt. Ein solcher Code-Leser ist z.B. in der DE-PS 32 02 461 dargestellt. Es läßt sich auf diese Weise sicherstellen, daß die infolge unterschiedlicher chromatischer Korrektur der Objektive verschieden großen Ablagen der Fokii des Meß- und Beleuchtungsstrahlenganges automatisch berücksichtigt werden in dem 25 Sinne, daß die Autofokuseinrichtung stets das Objekt in die für den Spektralbereich des Beleuchtungs- und Beobachtungsstrahlenganges geltende Schärfenebene einführt.

Die im Ausführungsbeispiel getrennt dargestellten Schaltungen 20, 22 und 30 23 können selbstverständlich zusammengefaßt und mit der hier nicht dargestellten Steuerelektronik für die Ansteuerung des die Refokussierung bewerkstelligenden Motors auf eine Platine aufgebaut werden.

In Fig. 2a ist ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt, das sich 35 von dem in Fig. 1a gezeichneten dadurch unterscheidet, daß die Autofokuseinrichtung nicht in den Beleuchtungs- sondern in den Beobachtungsstrahlengang des Mikroskops eingespiegelt wird. Dies hat, wie schon

gesagt, den Vorteil, daß die Autofokuseinrichtung ohne weiteres auch dann arbeitet, wenn der Beleuchtungsstrahlengang für Dunkelfeldbeleuchtung ausgelegt ist.

5 Im Vergleich zu der Ausführungsform nach Fig. 1a identische Bauteile sind in Fig. 2a mit gleichen Bezugszeichen versehen und werden an dieser Stelle nicht nochmals erläutert. Die nachfolgende Beschreibung der Fig. 2a beschränkt sich also darauf die Unterschiede zu dem in Fig. 1a dargestellten Beispiel herauszustellen.

10

Der in Fig. 2a dargestellte Autofokusbaustein 112 ist an einen Kamera-  
ausgang des Mikroskops angesetzt, als Zwischentubus ausgeführt oder in  
einen Beobachtungstubus integriert. Dementsprechend wird die Hilfsbe-  
leuchtung für die Autofokuseinrichtung über einen zwischen der Tubus-  
15 linse 2 und der Zwischenbildebene 4 des Mikroskops eingeschalteten  
Strahlteiler 115 in den Beobachtungsstrahlengang des Mikroskops einge-  
koppelt bzw. das vom Objekt reflektierte Meßlicht an dieser Stelle aus  
dem Mikroskop ausgekoppelt. Als Primärlichtquelle für die Hilfsbeleuch-  
tung dient eine Laserdiode 109, hinter der ein Kondensor 110 angeordnet  
20 ist. In einer zur Pupille 11 des Objektivs 1 konjugierten Ebene befindet  
sich eine Blende 121, die zwei nebeneinander angeordnete Blendenöffnun-  
gen 113a und 113b aufweist. Vor jede Blendenöffnung ist eines von zwei  
separat ansteuerbaren optischen Schaltern 112a und 112b in Form von  
elektrisch ansteuerbaren Flüssigkristallschichten gesetzt. Die Schichten  
25 112a und 112b werden von einer elektrischen Schaltung 108 angesteuert  
und decken die ihnen zugeordnete Blendenöffnung zyklisch ab bzw. geben  
diese frei.

Die Blendenöffnungen 113a und 113b wirken daher wie zwei alternierend  
30 geschaltete Sekundärlichtquellen und entsprechen in dieser Form den  
beiden Lichtquellen 13a und 13b im Ausführungsbeispiel nach Fig. 1a. Aus  
der detaillierten Ansicht nach Fig. 2c geht die Form der Blende 121 klar  
hervor.

35 Die eigentliche Messblende 14, die die Form des Messlichtbündels in der  
Objektebene und in der dazu konjugierten Ebene bestimmt, in der der  
Detektor 29 und die Halbblende 24 angeordnet sind, besitzt eine recht-

3446727

- 8 -  
M

eckige Gestalt (vgl. Fig. 2b).

Die Gewinnung des Regelsignals aus der Ausgangsspannung des Detektors 29 erfolgt in diesem Beispiel in gleicher Weise wie schon anhand von Fig. 51a beschrieben.

10

15

20

25

30

35

-12-  
- Leerseite -

Fig.1a

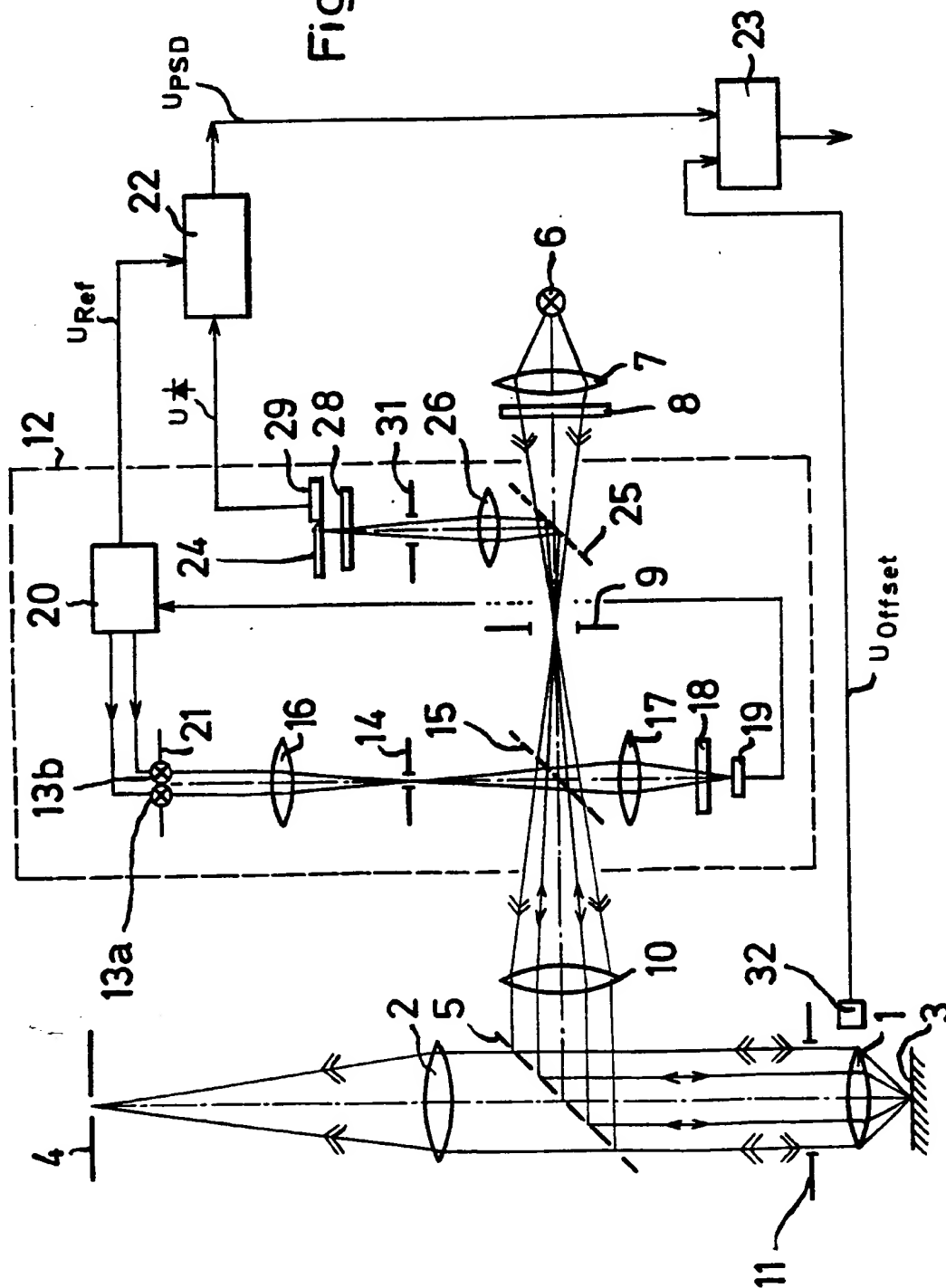


Fig. 1e

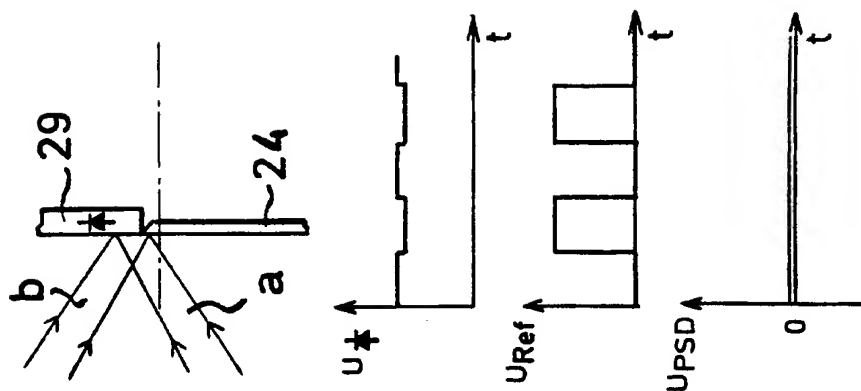


Fig. 1d

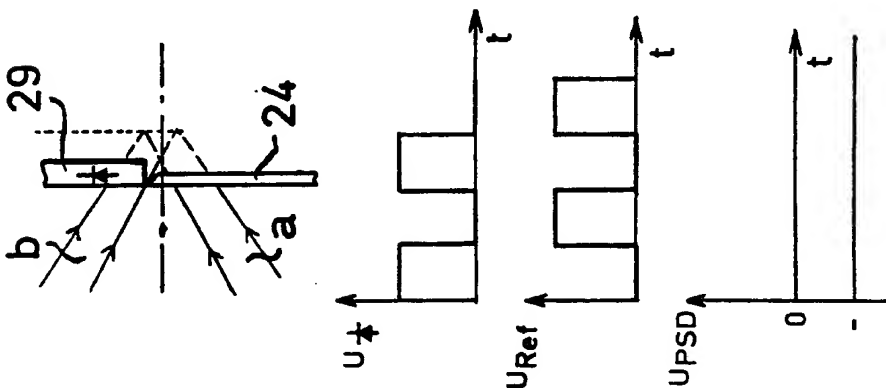


Fig. 1c

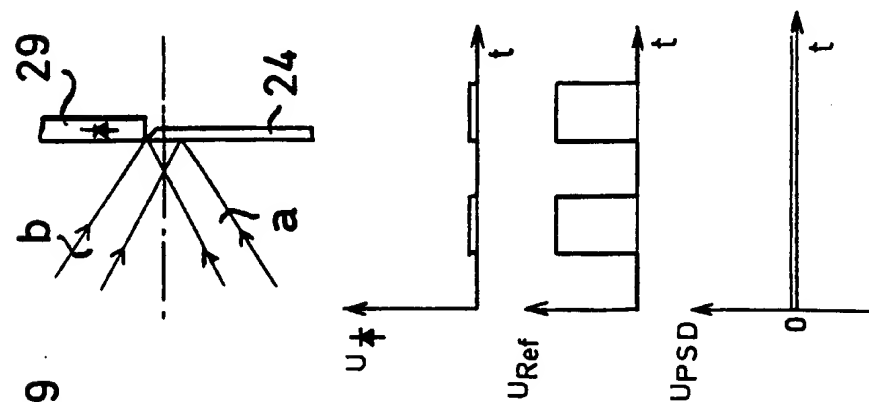
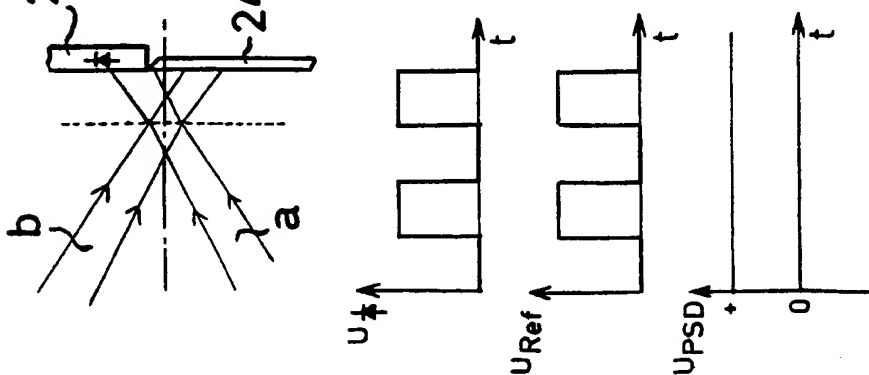


Fig. 1b



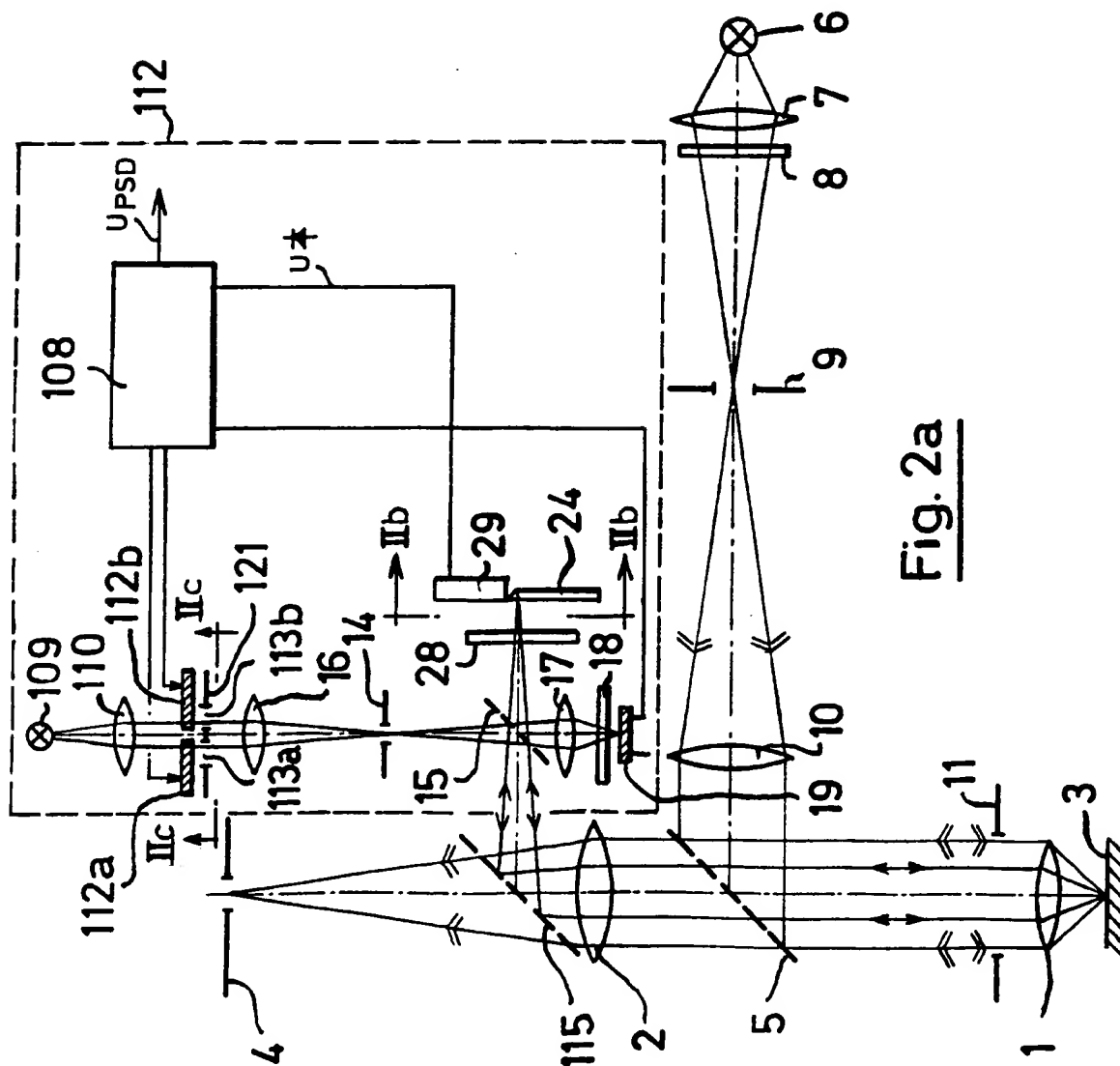


Fig. 2a

Fig. 2b

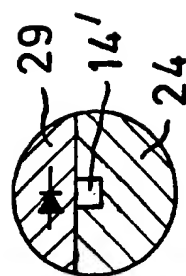
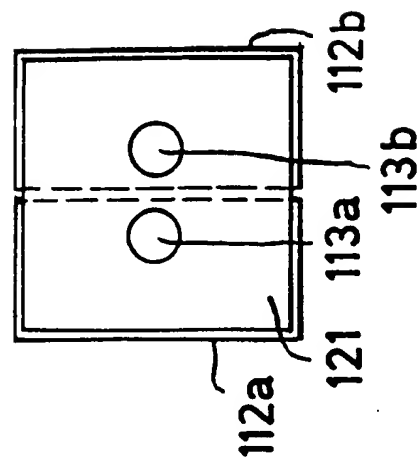


Fig. 2c



3446727

- 14 -